

PROSIDING SEMINAR NASIONAL GEOFISIKA 2014

Optimalisasi Sains dan Aplikasinya Dalam Peningkatan Daya Saing Bangsa
Makassar, 13 September 2014

Karakterisasi Panasbumi di Sumber Air Panas dengan Menggunakan Metode Geomagnet (Studi Kasus: Sumber Air Panas Panggo Kabupaten Sinjai)

Nurfadhilah Arif, Lantu, Sabrianto Aswad, Maria
Program Studi Geofisika Jurusan Fisika FMIPA Unhas

dhila.arif@gmail.com

Sari

Telah dilakukan penelitian dengan menggunakan metode geomagnet di sumber air panas Panggo, Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan daerah penelitian. Daerah penelitian berukuran 100 x 100 m dan dibagi dalam 10 lintasan dengan jarak antar titik ukur 10 m. Proses akuisisi data dengan menggunakan satu alat magnetometer. Pengolahan data dilakukan dengan koreksi diurnal change rate, koreksi harian dan koreksi IGRF serta menggunakan filter *upward continuation* dan *reduce to pole*. Pemodelan dilakukan dengan metode *forward modeling* dengan menggunakan *softwareMag2DC*. Proses interpretasi data secara kuantitatif dan kualitatif. Berdasarkan interpretasi kuantitatif pada kontur anomali magnetik lokal didapatkan variasi nilai anomali antara -750 nT sampai 300 nT. Sedangkan interpretasi kualitatif menunjukkan adanya batuan gabro dengan nilai susceptibilitas 1×10^3 sampai 1.01×10^3 SI yang mengintrusi batuan basalt dengan nilai susceptibilitas $0,7 \times 10^3$ sampai 0.999×10^3 SI dalam bentuk *dike*. Terdapat pula sesar yang dapat meluluskan air panas ke permukaan menjadi manifestasi geothermal.

Kata kunci :Panggo, Metode Geomagnet, Geothermal, *Forward Modeling*, *Upward Continuation*, *Mag2DC*

PENDAHULUAN

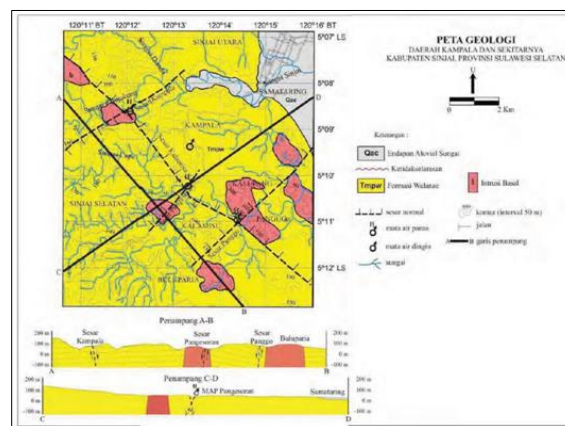
Terdapat manifestasi panas bumi di daerah Panggo, Desa Kaloling, Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan yang tidak berasosiasi dengan daerah vulkanik. Manifestasi tersebut ditandai dengan adanya sumber air panas di beberapa titik dengan suhu rata-rata $61,4^{\circ}\text{C}$ dan pH 8,46. Daerah penelitian panas bumi Panggo secara geografis terletak antara koordinat UTM 120.24122 -120.24036 m E dan 5.18272 - 5.18197 m S.

Dalam penelitian ini, digunakan metode geomagnet untuk mempelajari struktur geologi bawah permukaan daerah panas bumi Panggo. Penelitian ini dilakukan berdasarkan asumsi bahwa tubuh intrusi atau urat hidrotermal kaya akan mineral ferromagnetik. Dimana mineral ferromagnetik tersebut akan kehilangan sifat kemagnetannya bila dipanasi mendekati titik *currie*. Sehingga batuan di dalam sistem panas bumi pada umumnya memiliki nilai susceptibilitas yang lebih rendah dibanding batuan sekitarnya. Hal ini

disebabkan adanya proses demagnetisasi oleh proses alterasi mineral hidrotermal, dimana proses tersebut mengubah mineral yang ada menjadi mineral-mineral paramagnetik atau bahkan diamagnetik. Sehingga pemilihan metode geomagnet dipandang sebagai salah satu metode yang tepat dalam studi panas bumi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan daerah penelitian.

Geologi Regional

Batuan yang tersingkap di daerah Sulawesi Selatan terdiri dari 5 satuan, yaitu : Satuan Batuan Gunungapi Formasi Carnba, Formasi Walanae, Satuan Intrusi Basal, Satuan Batuan Gunung api Lompobatang dan Endapan aluvial, Rawa, dan. Pantai. Intrusi Basal yang merupakan retas-retas yang mengintrusi Formasi Walanae. Sebagian besar dari basal ini bertekstur afanitik. Intrusi basal ini di permukaan umumnya telah terkekarkan dan di beberapa tempat telah berubah menjadi batuan ubahan (zona argilik) yang didominasi mineral lempung (smektit, kaolinit, haloisit). Batuan ubahan ini dijumpai di sekitar mata air panas Kampala, mata air panas Panggo, dan Kainpung Buluparia (Sompotan, 2012).



Gambar 1. Peta Geologi Air Panas Kampala dan Sekitarnya (Tim Geologi Panas Bumi Kampala, 2007)

Struktur geologi ditemukan di daerah panas bumi Sinjai terdiri dari struktur sesar dan kekar. Struktur sesar dicirikan oleh adanya deretan mata air panas, cermin sesar, gawir sesar, kemiringan lapisan batuan sedimen dan ciri sesar lainnya. Sesar normal Panggo, berarah timurlaut-baratdaya (NE-SW), dimana blok sesar bagian barat laut relatif

PROSIDING SEMINAR NASIONAL GEOFISIKA 2014

Optimalisasi Sains dan Aplikasinya Dalam Peningkatan Daya Saing Bangsa

Makassar, 13 September 2014

bergerak turun. Sesar ini memotong batuan sedimen dan retas basalt (Eko dkk. 2007).

Panas Bumi

Panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung didalam air panas, uap air dan batuan bersama mineralikutan dan gas lainnya yang secara genetis semuanyatidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panasbumidan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan.

Sistem panas bumi mencakup sistem hidrotermalyang merupakan sistem tata air, proses pemanasandan kondisi sistem dimana air yang terpanasiterkumpul. Sehingga sistem panas bumi mempunyaipersyaratan seperti harus tersedia fluida, batuan pemanas, reservoir dan batuan penutup.

Saptadji (2002) mengklasifikasikan manifestasi panas bumi sebagai berikut :

1. Tanah Panas (*Warm Ground*) yaitu adanya sumber daya panasbumi di bawah permukaan dapat ditunjukkan antara lain dari adanya tanah yang mempunyai temperatur lebih tinggi dari temperatur tanah di sekitarnya.
2. Tanah Beruap (*Steaming Ground*) merupakan jenis manifestasi dimana uap panas (*steam*) keluar dari permukaan tanah.
3. Kolam air panas merupakan salah satu petunjuk adanya sumber daya panasbumi di bawah permukaan. Kolam air panas ini terbentuk karena adanya aliran air panas dari bawah permukaan melalui rekahan-rekahan batuan.
4. Kolam lumpur panas (*Mud Pool*). Kenampakannya sedikit mengandung uap dan gas CO₂, tidak terkondensasi, umumnya fluida berasal dari kondensasi uap. Penambahan cairan lumpur menyebabkan gas CO₂ keluar.

Metode Geomagnet

Gaya Magnet yang ditumbulkan oleh dua kutub yang terpisah dengan jarak r dan muatannya masing-masing m_1 dan m_2 diberikan oleh :

$$\vec{F} = \frac{1}{\mu} \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r} \quad (2.1)$$

Dimana :

μ = permeabilitas magnetik yang menunjukkan sifat suatu medium

F = gaya magnetik

r = vektor satuan berarah dari m_1 ke m_2

m = muatan kutub magnetik

kuat medan magnet dapat dinyatakan sebagai :

$$\vec{H} = \frac{1}{\mu} \frac{m_1}{r^2} \hat{r} \quad (2.2)$$

m_1 dianggap sebagai kutub intrumen pengukuran yang digunakan.

m_2 kutub magnet yang diukur.

Momen dipol dapat dinyatakan sebagai :

$$\vec{M} = mL\hat{r} = M\hat{r} \quad (2.3)$$

M = momen dipol magnetik dalam bentuk scalar

\vec{M} = momen dipol magnetik dalam bentuk vektor (Arham, 2006).

Kerapatan arus magnet yaitu jumlah arus dalam satu satuan daerah yang juga disebut induksi magnet dinyatakan dengan B .

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad (2.4)$$

Medan magnet yang terukur oleh alat magnetometer adalah medan magnet induksi, termasuk efek magnetisasi yang diberikan oleh persamaan (Darwis, 2001) :

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M}) \quad (2.5)$$

Dimana :

M = momen dipol magnetik dalam satuan skalar

μ_0 = permeabilitas dalam ruang vakum ($\mu_0 = 1$ (Telford, dkk,1990)).

Dalam kemagnetan dikenal suatu sifat dasar yaitu kerentanan magnet (suseptibilitas magnet) yang disimbolkan κ . dalam ruang hampa $\kappa = 0$. Intensitas magnetisasinya dapat ditulis sebagai berikut (Untung, 2001) :

$$\vec{M} = \kappa \vec{H} \quad (2.6)$$

Jadi suseptibilitas magnet adalah suatu ukuran besar kecilnya suatu intensitas magnet. Suatu benda yang mudah terimbang oleh medan magnet luar memiliki suseptibilitas magnet tinggi.

Dengan demikian, jika dihubungkan dengan persamaan (2.6), persamaannya (2.5) menjadi :

$$\vec{B} = \mu_0 (1 + \kappa) \cdot \vec{H} \quad (2.7)$$

Forward Modeling

Forward modeling disebut juga permodelan tidak langsung. Permodelan ini bertujuan untuk memberi gambaran secara matematik geometri benda penyebab anomali. Pada umumnya berupa suatu poligon yaitu suatu benda dengan sudut banyak. Pengukuran geomagnet mengukur medan magnet total, yaitu besaran medan magnet bumi ditambah dengan medan yang beranomali. Kemagnetan imbasan selalu sejajar dengan medan magnet bumi.

Upward Continuation

Kontinuitas ke atas dilakukan dengan mentransformasikan medan potensial yang diukur di permukaan tertentu ke medan potensial pada permukaan lainnya yang jauh dari sumber. Tranformasi ini memperlemah anomali-anomali

sebagai fungsi panjang gelombang. Konsep dasar kontinuitas ke atas berasal dari identitas ketiga teorema Green. Teorema ini menjelaskan bahwa apabila suatu fungsi adalah harmonik, kontinyu, dan mempunyai turunan yang kontinyu di sepanjang daerah R , maka nilai pada suatu titik P di dalam daerah R dapat dinyatakan dengan persamaan 2.10 :

$$H(P) = \frac{1}{4\pi} \int_S \left(\frac{1}{r} \frac{\partial H}{\partial n} - H \frac{\partial}{\partial n} \frac{1}{r} \right) dS$$

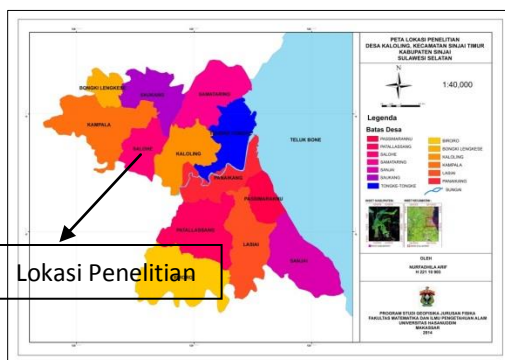
dengan S menunjukkan permukaan daerah R , n menunjukkan arah normal ke luar, dan r adalah jarak dari titik P ke suatu titik pada permukaan S . Persamaan (2) menjelaskan prinsip dasar dari kontinuitas ke atas, yaitu bahwa suatu medan potensial dapat dihitung pada setiap titik di dalam suatu daerah berdasarkan sifat medan pada permukaan yang melingkupi daerah tersebut. (Yudianto, dkk, 2014).

Reduce To Pole

Reduksi ke kutub adalah salah satu filter pengolahan data magnetik untuk menghilangkan pengaruh sudut inklinasi magnetik. Filter tersebut diperlukan karena sifat *dipole* magnetik menyulitkan interpretasi data lapangan yang umumnya masih berpola asimetrik. Pada dasarnya reduksi ke kutub mencoba mentransformasikan medan magnet di suatu tempat menjadi medan magnet di kutub utara magnetik.

METODE PENELITIAN

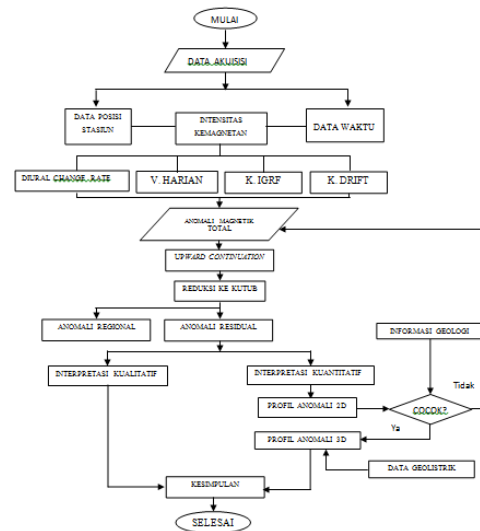
Secara administratif, daerah penelitian Panas Bumi Panggo di Desa Kaloling Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis, terletak antara koordinat UTM 120.24122 -120.24036 m E dan 5.18272 - 5.18197 m S. Luas daerah penelitian berukuran 100 x 100 m. Daerah ini dibagi dalam 10 lintasan dengan jarak antar titik ukur 10 m.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu magnetometer dengan tipe G5 Magnetometer.

Prosedur penelitian meliputi tahap akuisisi, pengolahan data (*processing*), dan interpretasi. Pengolahan data dilakukan dengan koreksi diurnal change rate, koreksi harian dan koreksi IGRF serta menggunakan filter *upward continuation* dan *reduce to pole*. Pemodelan dilakukan dengan metode *forward modeling* dengan menggunakan *software Mag2DC*. Interpretasi data dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif.

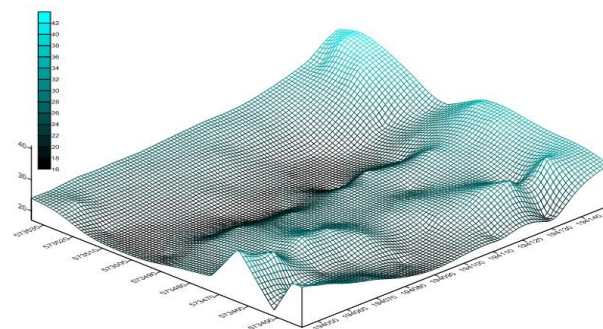


Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengamatan Geologi

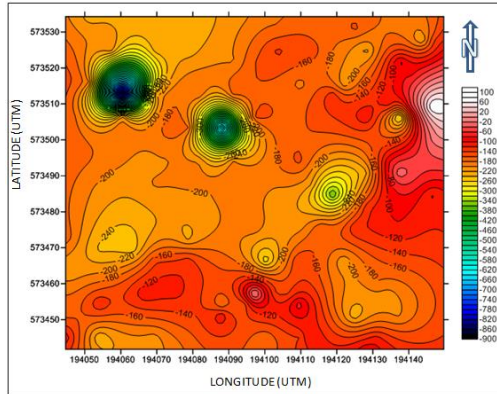
Hasil pengamatan geologi daerah penelitian menunjukkan bahwa wilayah penelitian berada pada intrusi batuan beku dan melalui sesar Panggo. Hal ini dibuktikan oleh adanya singkapan basalt dan gabro.



Gambar 4. Topografi daerah penelitian.

Interpretasi Kuantitatif

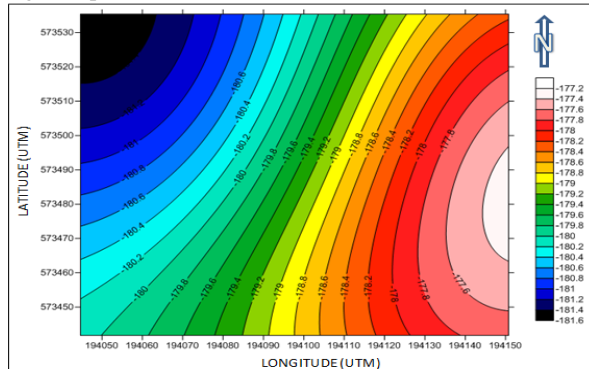
Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk melokalisasi daerah yang memiliki nilai anomali medan magnet yang bernilai tinggi dan rendah.



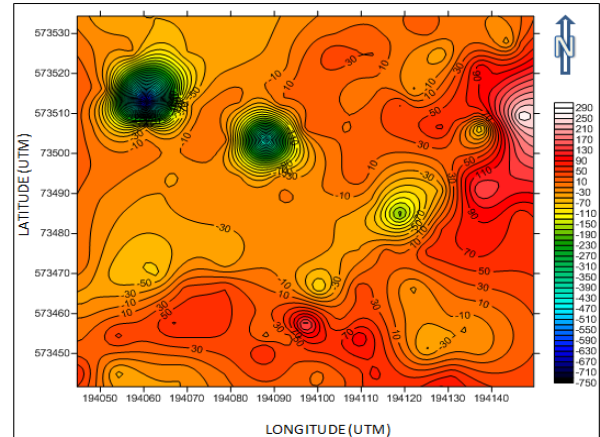
Gambar 5. Peta anomali medan magnet.

Pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa perbedaan warna tersebut merupakan nilai intensitas magnet yang berkisar antara -900 nT sampai 100 nT. Dalam hal ini dikategorikan, nilai anomali magnet rendah mempunyai nilai antara -900 nT sampai 0 nT dan anomali magnetik tinggi 0 nT sampai 100 nT.

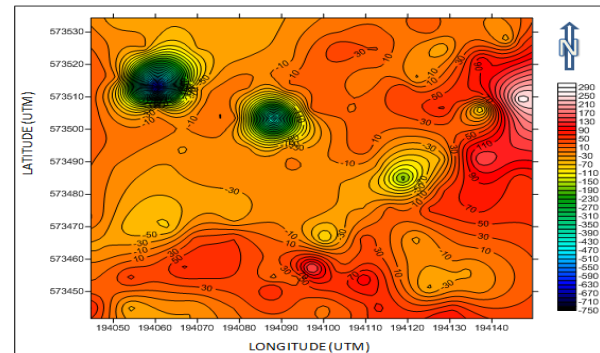
Untuk mendapatkan peta anomali regional dan anomali residual maka dilakukan proses *filtering* dengan menggunakan filter *Upward Continuation*. Anomali regional pada kontinuitas 100 m.



Gambar 6. Anomali Regional



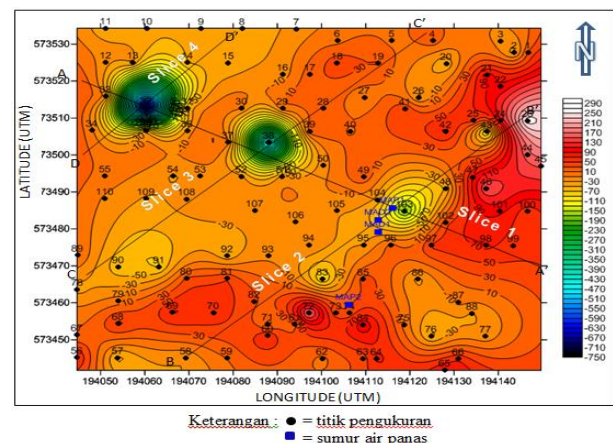
Gambar 7. Anomali Residual



Gambar 8. Peta anomali magnetik setelah direduksi ke kutub.

Selain dilakukan filter *Upward Continuation*, dilakukan pula reduksi ke kutub.

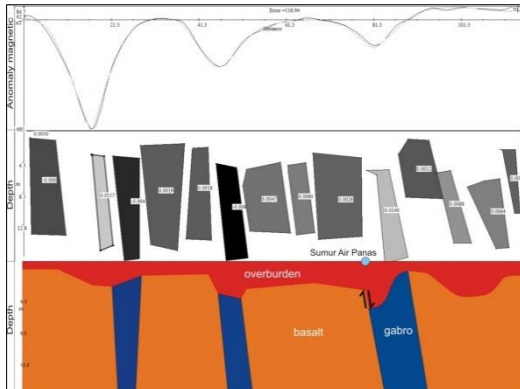
Pemodelan struktur bawah permukaan dilakukan pada 4 irisan penampang melintang.



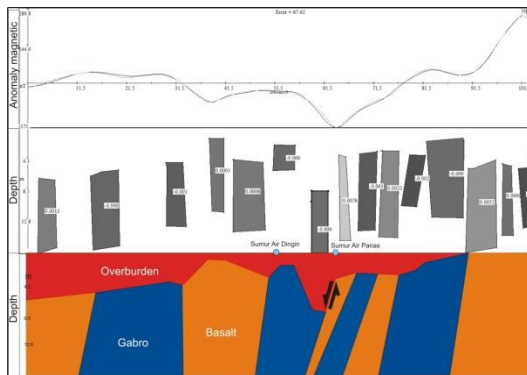
Gambar 9. Peta anomali residual yang telah di-slice.

Interpretasi Kuantitatif

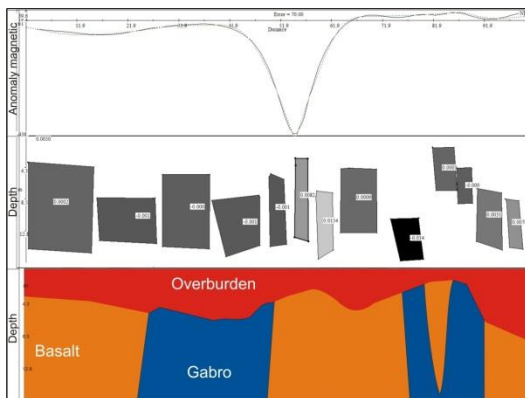
Interpretasi kualitatif dilakukan berdasarkan hasil penafsiran kuantitatif, sehingga dapat menentukan bagian-bagian penampang anomali medan magnet yang menarik untuk memodelkan struktur geologi bawah permukaan. Dalam hal ini dibuat 4 *slice*.



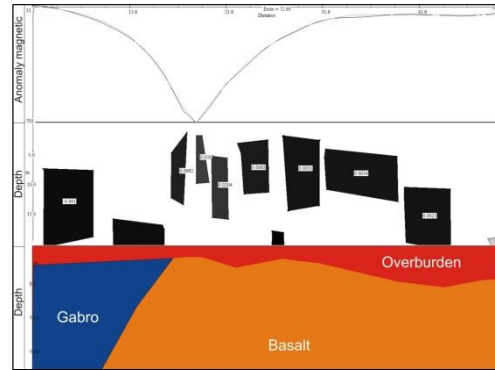
Gambar 10.Slice 1.



Gambar 11.Slice 2.



Gambar 12.Slice 3.



Gambar 13.Slice 4.

Slice 1 :

Profil anomali medan magnet yang ditunjukkan antara -685 nT sampai 84.7 nT dengan panjang lintasan 113.3 m. Pada lintasan ini terdapat tiga titik anomali yang mengalami penurunan drastis dan menyebabkan nilai suseptibilitas batuan dari model bawah permukaan berbeda dengan batuan yang dominan. Dari model penampang, diperlihatkan adanya intrusi batuan gabro menerobos batuan basalt. Dimana salah satu terobosan gabro juga terdapat sesar Panggo (dari informasi geologi). Sehingga dapat diinterpretasinya, adanya sesar dan intrusi tersebut lebih memudahkan manifestasi geothermal yang memiliki suhu dan tekanan yang tinggi melaju ke permukaan membentuk sumur air panas.

Slice 2 :

Profil anomali medan magnet yang ditunjukkan antara -1,71 nT sampai 289.8 nT dengan panjang lintasan 102.5 m. Penampang *slice 2* ini sama halnya dengan *slice 1*, yaitu memiliki tubuh terobosan gabro terhadap batuan basalt. Namun untuk *slice 2* ini, pemodelan geologi bawah permukaannya lebih kompleks dikarenakan lebih banyak titik yang terintrusi gabro. Dari penampang tersebut diperlihatkan 5 intrusi gabro dimana salah satu dari intrusi tersebut berorientasi dengan sesar. Intrusi kedua yang berorientasi dengan sesar membentuk sumur air panas yang bersilangan dari *slice 1*. Sedangkan bagian lainnya meloloskan manifestasi geothermal sebagai sumur air dingin. Pada bagian akhir lintasan memperlihatkan adanya peningkatan kurva nilai anomali magnetik yang sangat signifikan. Peningkatan nilai anomali tersebut diakibatkan oleh adanya topografi yang curam sehingga tidak memiliki lapisan overburden. Hal tersebut menyebabkan batuan beku membentuk singkapan di permukaan.

Slice 3 :

Profil anomali medan magnet yang ditunjukkan antara -39.6 nT sampai 4.38 nT dengan panjang lintasan 101.9 m. Pada lintasan ini hanya menunjukkan intrusi gabro pada

PROSIDING SEMINAR NASIONAL GEOFISIKA 2014

Optimalisasi Sains dan Aplikasinya Dalam Peningkatan Daya Saing Bangsa
Makassar, 13 September 2014

batuan basalt namun tidak meloloskan air panas ke permukaan.

Slice 4 :

Profil anomali medan magnet yang ditunjukkan antara - 70.3 nT sampai 13.2 nT dengan panjang lintasan 49.1 m. Pada lintasan ini hanya menunjukkan intrusi gabro pada batuan basalt seperti halnya *slice* 3, namun tidak meloloskan air panas ke permukaan.

KESIMPULAN

Struktur geologi bawah permukaan daerah penelitian terdiri dari sesar dan adanya batuan beku gabbro yang mengintrusi batuan beku basalt. Pada pemodelan penampang anomali magnetik ditemukan batuan yang dominan adalah batuan beku basalt dengan nilai suseptibilitas $0,7 \times 10^{-3}$ sampai $0,999 \times 10^{-3}$ SI dan terintrusi oleh gabro dengan nilai suseptibilitas 1×10^{-3} sampai $1,01 \times 10^{-3}$ SI. Dari nilai suseptibilitas tersebut dapat diklasifikasikan bahwa batuan yang terdapat di wilayah penelitian merupakan batuan ferromagnetik.

SARAN

1. Perlu adanya penelitian lanjutan baik dari bidang geofisika, geologi maupun geokimia dengan memperluas daerah penelitian agar pemodelan geologi bawah permukaan dan potensi geotermal dapat terpetakan lebih detail.
2. Untuk akurasi hasil interpretasi, metode *forward modeling* dapat dibandingkan dengan metode inversi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arham, Andi. 2006. *Aplikasi Sistem Informasi Geografis pada Metode Geomagnet dalam Mendeteksi Mineral Besi Ditapango Kabupaten Polewali Mandar Sulawesi Barat*. Geofisika, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Eko, Andri, S.W., dkk. 2007. *Survei Panas Bumi Terpadu (Geologi, Geokimia dan Geofisika) Daerah Kampala Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan*. Pusat Sumber Daya Geologi.
- Saptadji, Nenny, M. 2009. *Karakterisasi Reservoir Panas Bumi*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Sompotan, Armstrong Fransiskus. 2012. *Struktur Geologi Sulawesi*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Telford, W. M., dkk. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University. New York, USA.
- Untung, Mohamad. 2001. *Dasar-dasar Magnet dan Gaya Berat Serta Beberapa Penerapannya*. HAGI. Jakarta.
- Yudianto, Harri dan Setyawan, Agus. 2014. *Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panasbumi Gedong Songo Gunung Ungaran Menggunakan Metode Magnetik*. Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro. Semarang.